



**SZENT ISTVÁN  
EGYETEM**  
GODDLEO

**SZIE Szarvasi Campusának kutatási és képzési profiljának specializálása intelligens szakosodással: mezőgazdasági vízgazdálkodás, hidrokultúrás növénytermesztés, alternatív szántóföldi növénytermesztés, ehhez kapcsolódó precíziós gépkezelés fejlesztése**

EFOP-3.6.1-16-2016-00016

## **XXI. SZÁZADI VÍZGAZDÁLKODÁS A TUDOMÁNYOK METSZÉSPONTJÁBAN**

### **II. Víztudományi Nemzetközi Konferencia**

Konferencia kötet

Szarvas, 2019. március 22.



**Kiadó:**

Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar  
5540 Szarvas, Szabadság út 1-3.  
honlap: [www.gk.szie.hu](http://www.gk.szie.hu)

**Felelős kiadó:**

Dr. Futó Zoltán  
egyetemi docens, Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi  
Karának megbízott dékánja

Rácz Istvánné dr.  
főiskolai tanár, szakmai vezető EFOP 3.6.1-16-2016-00016 projekt

**Szerkesztette:**

Dr. Jakab Gusztáv – Csengeri Erzsébet

**A kiadvány megjelenését támogatta:**

Az **EFOP 3.6.1-16-2016-00016** számú, SZIE Szarvasi Campusának kutatási és képzési profiljának specializálása intelligens szakosodással: mezőgazdasági vízgazdálkodás, hidrokultúrás növénytermesztés, alternatív szántóföldi növénytermesztés, ehhez kapcsolódó precíziós gépkezelés fejlesztése című ESZA által finanszírozott EU projekt.

**Nyomda:**

Digitális Kalamáris Kiadó és Gyorsnyomda  
5540 Szarvas, Fűzfa u. 27.

**ISBN 978-963-269-808-3**

Szarvas, 2019

## **A konferencia tudományos és lektori bizottsága:**

Rácz Istvánné dr. főiskolai tanár, EFOP szakmai vezető, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Prof. Dr. Helyes Lajos egyetemi tanár, intézetigazgató, SZIE MKK Kertészeti Intézet

Dr. Skutai Julianna egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Jakab Gusztáv egyetemi docens, mb intézetigazgató, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Jakabné Dr. Sándor Zsuzsanna tudományos főmunkatárs, NAIK Halászati Kutató Intézet

Dr. Gombos Béla főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Virág Sándor főiskolai tanár, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Mészáros Miklós főiskolai docens, SZIE AGK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Tirczka Imre egyetemi docens - SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Centeri Csaba egyetemi docens, intézetigazgató, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

Dr. Bodnár Károly főiskolai tanár, SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Egri Zoltán főiskolai docens SZIE AGK Agrártudományi és Vidékfejlesztési Intézet

Dr. Grónás Viktor egyetemi docens, SZIE MKK Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

## Tartalomjegyzék

Bányai Gréta - Gulyás Nikolett - Lemmer Balázs - Jáközi Zoltán - Hodúr Cecília: Ultrahangos előkezelés hatása az enzimkinetikára .....	10
Bártfai Z. - Bognár I.-Faust D.-Lágymányosi A. - Tóth L. - Blahunka Z.: Robotok a precíziós mezőgazdaságban .....	16
Bártfai Zoltán - Kátai László - Szabó István - Gárdonyi Péter - Mezőgazdasági ékszíjhajtások precíziós gépüzemeltetés szempontjából lényeges üzemi paraméterei.....	29
Jáközi Zoltán - Berta Adrienn - Papp Viktória - Hodúr Cecília - Beszédes Sándor: Mikrohullámú előkezelés alkalmazási lehetőségei a szennyvíz és iszapkezelési eljárásokban .....	34
Bognár István - Bártfai Zoltán - Szabó István - Blahunka Zoltán Szakaszvezérlés teljesítményoptimalizálása .....	40
Czeller Krisztina - Tuba Géza - Kovács Györgyi - Sinka Lúcia - Zsembeli József-Percze Attila: A <i>Miscanthus giganteus</i> vízfelhasználási hatékonyságának vizsgálata liziméteres kísérletben .....	48
Csengeri Erzsébet - Takács Sándor - Csányi Dániel - Barna Sándor - Jakab Gusztáv: Integrált vízgyűjtő modellezés: MIKE SHE .....	56
Fazekas Ákos Ferenc - Veréb Gábor - Kertész Szabolcs - Beszédes Sándor - Hodúr Cecília - László Zsuzsanna: Valós termálvíz nagyhatékonyságú oxidációs eljárásokkal való kezelésének költségbecslése .....	61
Futó Zoltán - Kruppa József - Orosz Szilvia - Bencze Gábor - Ifj. Kruppa József: Gabonaszilázis előállítás lehetőségei kis vízigényű tritikálé fajták alkalmazásával a klímaváltozás tükrében .....	68
Gombos Béla - Hudák Roland: Csabacsúd község belterületén folytatott nagy területi sűrűségű csapadékmérések tapasztalatai .....	76
Grónás Viktor - Molnár Dániel - Skutai Julianna - Mohari Barbara: Térinformatikai és tájmetriai eljárásokon alapuló módszertan kidolgozása az agrárterületekhez kötődő madárfajok elterjedésének értékelésére .....	83

Jáközi Zoltán - Hodúr Cecília - László Zsuzsanna - Szalay Dóra - Beszédes Sándor: Mikorohullámmal intenzifikált Fenton-eljárás alkalmazása szennyvízkezelésre .....	84
Kajári Balázs - Bozán Csaba: A belvízelöntések tartósságának elemzési lehetőségei néhány integrált hidrológiai modell összehasonlítása alapján .....	91
Kardos Máté Krisztián: Víz keretirányelv szerinti fiziko-kémiai minősítés alacsony mintaszám esetén .....	98
Kerecsi György - Kajári Balázs - Túri Norbert - Körösparti János - Bozán Csaba: Vízvisszatartás tervezése belvizes területen UAV légitelvételestől készített digitális magassági modell alapján .....	111
Kertész Szabolcs - Garai Dzsénifer - Apáti-Nagy Petra - Seres Zita - Veréb Gábor - Beszédes Sándor - László Zsuzsanna - Szalay Dóra - Hodúr Cecília: Biológiai- és kétféle előkezelések vizsgálata membránseparációnál .....	117
Kun Ágnes - Oncsik B. Mária - Szöke Anita - Bozán Csaba: Magas nátrium tartalmú öntözővíz hatása réti talajon kialakuló Al-oldható nátrium akkumuláció intenzitására .....	123
Lemmer Balázs - Jáközi Zoltán - Stefan Márk - Deák József - Hodúr Cecília: Cellulózfermentumok szeparációja membrántechnikával .....	128
Mészáros Miklós - Virág Sándor: A precíziós öntözés helyzete az európai mezőgazdaságban .....	134
Molnár András - Módos Rita - Vári Enikő - Kiss Andrea: Az öntözés jóvelmezősségének vizsgálata a főbb szántóföldi növényeknél .....	140
Molnár Petronella - Nagy László - Hegedűs Szilárd: Magyar és szlovák közfeladatot ellátó vállalatok számviteli elemzése .....	147
Nagypál Virág - Mikó Edit - Hodúr Cecília: Vízlátnyom: egy új szemlélet.....	157
Ördög Dorottya - Jáközi Zoltán - Lemmer Balázs - Hodúr Cecília: Cukoroldatok fermentálása .....	165
Rákóczi Attila - Urbán Klaudia: A Vidékfejlesztési Program öntözésfejlesztési pályázatai és azok Békés megyei jellemzése .....	171
Ribács Attila: Alga felhasználása a halak takarmányozásában .....	179



Zakar Mihály - Farkas Dániel Imre - Szabó Anna - Hancznó-Lakatos Erika - Keszthelyi-Szabó Gábor - László Zsuzsanna: A Fenton-reakció és az ózonos előkezelés hatásának vizsgálata modell tejipari szennyvíz membránszűrése során .....	186
Szalókiné Zima Ildikó: Víz- és tápanyagellátás hatása a kukorica aminosav tartalmára ...	193
Szerencsés Szabolcs Gyula - Veréb Gábor - Beszédes Sándor- László Zsuzsanna-Hodúr Cecilia - Csanádi József - Kertész Szabolcs: Vibrációs membránszűrés működtetési paramétereinek vizsgálata a szennyvíztisztításban .....	201
Szőke Anita - Bozán Csaba - Jancsó Mihály - Kolozsvári Ildikó - Bíróncsics Mária - Kun Ágnes: Fenológiai megfigyelések mezőgazdasági eredetű szennyvízzel öntözött alternatív növényeken .....	207
Szpisják-Gulyás Nikolett - Lemmer Balázs - Czupy Imre - Hodúr Cecilia: Ultraszűrés modellezése .....	213
Tuba Géza - Kiss Judit - Garcia A. Rivera - Czeller Krisztina - Kovács Györgyi - Zsembeli József: A fák és a köztesnövény vízfelhasználási konkurenciájának vizsgálata egy agrárerdészeti rendszer első évében .....	219
Túri Norbert - Körösparti János - Kerecsi György - Kajári Balázs - Bozán Csaba: Belvízárakkal érintett területek kiterjedésének felmérése és terméskiesés becslése drónnal készült légifelvétel felhasználásával .....	225
Virág Sándor - Mészáros Miklós - Csengeri Erzsébet: A Szarvas - Békésszentandrás Holt-Körös öntözési célú hasznosítása .....	231
Minoarimanana Ny Ania - István Waltner: Drought and its effects in Madagascar Rakotoarivony .....	238
Szandra Baklanov - Ágota Horel - Zsófia Bakacs Eszter Tóth - Györgyi Gelybó - Márton Dencső - Imre Potyó: Investigation of changes in nitrogen cycling processes under different land use types in a small catchment .....	249
Betim Bresilla - Adam Csorba - Marta Fuchs - Tamas Szegi: Characterization of hydromorphological features of some Kosovo Soils .....	250
Zita Birkás - Dzsénifer Német - Gábor Balázs - Katalin Fekete - Zoltán Kókai: Sensory quality and chemical composition of different types of sweet pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.) hybrids .....	251

Bojana Dabić - Jasna Grabić - Emina Mladenović: Greywater in the service of horticultural crops .....	258
Egri Zoltán - Tímea Györi: Roles of country effect and country group effect in regional health inequality process of Europe and CEE .....	264
Katalin Fekete - Zoltán Pap - Zita Csapó-Birkás - Nour Alhadidi: The effect of mycorrhizal inoculation on inner content and yield in case of tomato, cucumber and potato in soilless systems and on field: A review .....	273
Jasna Grabić - Bojana Ivošević - Simonida Djurić - Marko Panić - Slobodan Birgermajer - Vasa Radonić: Remote sensing method for assessment of phytoplankton in aquatic environment .....	281
János Grósz - István Waltner- András Sebők - Zoltán Vekerdy: Results of a long-term data analysis for algae migration monitoring .....	287
Hella Fodor - Ádám Csorba - Bendegúz Sas - Tamás Szegi - Erika Michéli: Investigation of soils affected by inland excess water .....	288
Jafar Al-Omari - Gábor Soma Szerdahelyi - Júlia Radó - Sándor Szoboszlai - István Szabó: Identification of plastic-associated bacterial strains originated from fresh and seawater .....	289
Gusztáv Jakab: Water management in the Medieval Hungary: legacy and opportunity .....	290
Jovito L. Opeña: Growth and Drought Resistance of <i>Swietenia macrophylla</i> (King) as Affected by Arbuscular Mycorrhizal Fungi .....	291
Lamlile Khumalo - Márk Horváth - György Heltai: Sampling procedure for monitoring processes for the mobility of radioactive elements and potentially toxic elements during the recultivation of the uranium mining deposit No.1 in Mecsek .....	292
Lyndre Nel: Mapping River Conservation Priority Areas along the Berg River, South Africa .....	293
Mohammed Ahmed Mohammed Zein - Abdelmagid Ali Elmobarak: Mapping and Assessment of Sand Dunes by Remote Sensing and GIS in Sufia Project Area, White Nile State, Sudan .....	294
Dániel Molnár - Julianna Skutai - Viktor Grónás: The monitoring approach of Common Agricultural Policy and the Water Framework Directive .....	295

Maryam Mozafarian Meimandi - Noémi Kappel: Role of grafted vegetables under water stress conditions .....	302
Németh Dzsénifer – Balázs Gábor – Kappel Noémi: Vitamin C and soluble solid content of different Melon varieties .....	306
Osama "Moh'd Najeeb" Gazal: Hydro-geological investigation of groundwater aquifers in arid region, Case study of Azraq basin .....	310
Tibor Terbe - I. Rácz – Boglárka Ágoston – Barbara Schmidt-Szantner: Development pathways of water management in Hungarian hydroponic tomato production .....	322
Norbert Révész – Flórián Tóth – László Berzi-Nagy – Ferenc Demény – András Rónyai – Dénes Gál – Éva Kerepeczki: Effects of sustainable fish feed on water quality in semi-intensive ponds .....	329
Sadiq Al Maliki: Data Integration for Modelling of Environmental Impact of Using Brackish Water for Wetlands Restoration. Case Study: Al Hammar Marshland, Southern Iraq .....	336
Sacidi Sahar - Walter István - Centeri Csaba: Application of hydrodynamic and Quality Modeling of water resources .....	338
Barbara Schmidtné Szantner – Péter Milotay – I. Rácz – Tibor Terbe: Impacts of irrigation and potassium supply on the yield and dry matter content of industrial tomato examined in two different years .....	343
András Sebők – Imre Czinkota – Boglárka Anna Dálnoki – István Waltner – János Grósz: Long-term reduction effects to the extractable soil chemicals .....	349
Taha Ibrahim: Analysis of Irrigation Efficiency Based on Remote Sensing. Test area: New Halfa scheme, Sudan .....	356
Terbe Tibor – I. Rácz – Barbara Schmidt-Szantner: Analysing plant monitoring data in hydroponic tomato cultivation .....	357
Tóth József A.: Bulk Density assessment in relation with Soil Moisture Characteristic ...	365

Tsedekch G. Weldmichael – Lubangakene Denish – Tamás Szegi – Erika Michéli – Barbara Simon: Soil moisture content is governed by a combination of soil texture and soil organic matter in selected soils of Hungary .....	366
---	-----



## BIOLÓGIAI- ÉS KÉTLÉPCSŐS ELŐKEZELÉSEK VIZSGÁLATA MEMBRÁNSZEPARÁCIÓNÁL

KERTÉSZ Szabolcs<sup>1\*</sup> – GARAI Dzszenifer<sup>1</sup> – APÁTI-NAGY Petra<sup>1</sup> – SERES Zita<sup>2</sup> –  
VERÉB Gábor<sup>1</sup> – BESZÉDES Sándor<sup>1</sup> – LÁSZLÓ Zsuzsanna<sup>3</sup> – SZALAY Dóra<sup>4</sup> –  
HODÚR Cecilia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet, 6725 Szeged,  
Moszkvai krt. 9., \*kerteszmk@u-szeged.hu

<sup>2</sup> Újvidéki Egyetem, Technológiai Kar, Bulevar cara Lazara 1, 21000 Újvidék, Szerbia, zitas@tf.uns.ac.rs

<sup>3</sup> Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi és Műszaki Intézet, 6720 Szeged, Tisza Lajos krt. 103.

<sup>4</sup> Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet, 9400 Sopron,  
Bajcsy-Zsilinszky u. 4., szalay.dora@uni-sopron.hu

### Bevezetés

Magyarországon az ipari szennyvizek közül az élelmiszeripari szennyvizek rendelkeznek az egyik legnagyobb mennyiségű szerves anyagterheléssel. Befogadóba eresztésükhöz igen szigorú követelményeknek kell megfelelni, ezért szükséges a környezetterhelésük lehető leghatékonyabb csökkentése. Erre megoldást jelenthetnek az egyre népszerűbbé váló egy- és többlépcsős, illetve a kombinált membránszeparációs eljárások. Mivel legfőbb problémájuk a membrán eltömődés, ezért ennek csökkentése érdekében célszerű előkezelési eljárásokat alkalmazni, ami a technológia hatékonyságát is javíthatja.

### Irodalmi áttekintés

Ígéretes kutatások zajlanak a membránszeparáció hatékonyságának növelése érdekében végzett előkezelésekkel, és különböző, komplex technikákkal kapcsolatban a membrán eltömődés mértékének csökkentése érdekében (Leiknes 2009, Gao et al. 2011). Jó példa erre a kiindulási, kezelendő szennyvizek flokkulálása alacsonyabb pH tartományban. Ez a membránszűrés előtt alkalmazva hozzájárulhat a membránok eltömődésének csökkentéséhez, valamint a szétválasztás hatékonyságának a növeléséhez is. Mivel savasabb pH-n a szerves anyagok nagy része szemcsésebb és kompaktabb lesz, így csökken a negatív töltések mennyisége, ezáltal a kölcsönhatásuk is megváltozik, kevésbé lesz taszító, tehát könnyebben szétválasztható lesz (Öllös 2006). Turano és társai centrifugálást ultraszűréssel kombináltak az olajos élelmiszeripari szennyvizek tisztításának vizsgálatára. Így a centrifugálás és az ultraszűrés együttesen 90%-kal csökkentette a szerves anyagokra vonatkoztatott visszatartási értékeket (Turano et al. 2002). Luo és társai tejipari szennyvizek kétlépcsős membránszeparációs (UF-NF) kezelését tesztelték és azt tapasztalták, hogy ez magasabb hatékonysággal bír, és kevésbé tömődik el a nanoszűrő membrán, mint az egylépcsős módszernél (Luo et al. 2011).

Munkánk során különböző, lehetséges előkezelési eljárásokat, és technikákat teszteltünk (mint amilyen a mikroszűrés, ülepités, centrifugálás és biológiai kezelés) a leválasztási hatékonyság összehasonlítása és a membránszűrés eljárásokkal történő kombinációjának vizsgálata érdekében. Ennek egyik célja a membrán eltömődés

csökkentése, a másik pedig a membránseparációs művelési intenzifikálása mellett a lehető leghatékonyabb környezeti terhelés csökkentése.

### Anyag és módszer

Vizsgálódó szennyvizek: Munkánkban elsősorban az élelmiszeripari szennyvizekhez tartozó modell tejipari szennyvizeket vizsgáltunk. Ezeket sovány és zsíros tejből készítettük és hígított tejből állítottuk elő. Döntően a sovány tejből készített szennyvizekre vonatkozó eredményeket mutatjuk be: megállapítottuk, hogy a legmegfelelőbb koncentráció a tejipari modell szennyvizet elkészítéséhez, az 5 g/L-es sovány tejpórt és a 0,5 g/L-es anionos detergenst tartalmazó szennyvíz, mivel ez eredményezte a valóságnak megfelelő, lehető legközelebbi kiindulási értékeket. Ennek a kémiai oxigénigény, *KOI* értéke 5 g/L körülnek adódott, ami megfelel az iparban is keletkező tejipari szennyvizek átlagos szerves anyag terhelésének, ami az irodalomban talált 2 és 7 g/L közötti érték (Ali et al., 2012). A biológiai kezelésekhez magasabb szerves anyag tartalmú tejipari és valós keményítőipari szennyvizeket is vizsgáltunk (*KOI* = 12 g/L) (Szabadka, Szerbia). Mindkét szennyvizet tartalmazó reaktorban a beállított működtetési paraméterek: 2 L/min-es levegőztetési sebesség, 500 rpm kevertetési fokozat és 25 °C kiindulási hőmérséklet volt.

Membránszűrők: A mikroszűrőket egy keresztáramú kerámia csőves membránmodullal rendelkező berendezéssel végeztük, amely aktív szűrési felülete 0,125 m<sup>2</sup>. Az ultraszűrőket egy kevertethető, statikus laboratóriumi ultraszűrő cellában teszteltük (Merck Millipore, Németország). Ultraszűrőknél 10 kDa vágási értékű poliéter-szulfon, PES membránokat használtunk. A minták szerves anyag tartalmát *KOI* mérésekkel, mg/L egységben határoztuk meg (Lovibond spektrofotométer és roncsoló blokk, Belgium), a szabvány szerinti 150°C-os 2 órás roncsolást követően. A pH és hőmérséklet meghatározásához hordozható pH-mérő műszert használtunk (ADWA, AD12; Aqua-Terra, Magyarország).

### Eredmények és értékelésük

Egylépcsős kezelések vizsgálata: Mikroszűrést, ülepítést, centrifugálást, és aerob biológiai kezeléseket, mint potenciális előkezeléseket végeztünk, annak érdekében, hogy meg tudjuk, hogy a vizsgálódó szennyvizek beltartalmi értékeit (zavarosság, vezetőképesség, összes oldott anyagtartalom: *TDS*, *KOI*) hogyan változtatják meg. Ezt követően a kapott eredmények alapján a második lépcsőben további membránszűrési, ultraszűrési kísérleteket is végeztünk a tisztítási hatékonyságok összehasonlítása céljából.

**Mikroszűrés:** Kerámia, 0,2 µm-es pórusú membrános berendezéssel végeztük a mikroszűrési kísérleteket állandó hőmérsékleten, 25°C-on, növekvő transzmembrán nyomás (1; 1,5 és 2 bar), valamint térfogatáram értékek (6; 10 és 14 L/perc) mellett. A legnagyobb fluxusértékeket a 14 L/perc, 2 bar működtetési paraméterek mellett mértük. Itt a teljes oldott anyagtartalomra 20%-os, a *KOI*-ra 35%-os és a zavarosságra 99%-os membrán visszatartási értékeket kaptunk. (További élelmiszeripari szennyvizek mikroszűrését is figyelembe véve megjegyzendő, hogy a legnagyobb térfogatáram beállítása (14 L/perc) esetén tapasztaltuk a nyomás növelés hatására bekövetkező legnagyobb visszatartást növelő hatást.) A különböző mikroszűrési kísérleteink során a

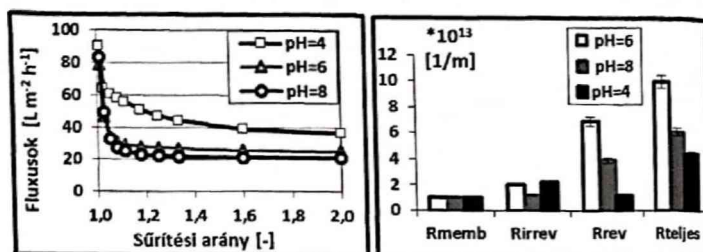
membrán eltömődések jellemzése érdekében vízfluxus csökkenéseket határoztunk meg. Azt tapasztaltuk, hogy 92-94% közötti volt a csökkenés mértéke, ami jelentős. Ezért ennek részletesebb vizsgálata érdekében a későbbi ultraszűrőknél ellenállási értékeket is meghatároztunk, hogy a részletesebb membrán eltömődési mechanizmusokat jellemezni tudjuk.

**Ülepítés:** Munkánk során klasszikus, és kémiai anyaggal, vas-kloriddal elősegített ülepítési vizsgálatokat is végeztünk, azért, hogy kiválasszuk a további méréseinkhez megfelelő pH értéket (a pH=4; 5; 6; 7 és kontrol 7,7 pH értékek közül). A klasszikus ülepítési kísérletek során a pH=4-nél lett a legalacsonyabb a szerves anyag tartalom (42%-os *KOI* csökkenést eredményezve), valamint itt volt az egyik legnagyobb mértékű csapadékképződés is (72 mL/L: Imhoff-típusú ülepítő kehellyel mérve). Mivel ezt a jelenséget a lúgos tartományban nem tapasztaltuk, így a savas pH tartományt választottuk a további méréseinkhez. A vas-klorid flokkulációszerrel elősegített ülepítési kísérleteinknél a szerves anyag tartalom egy kivételével mindig csökkent, sőt a zavarosság értékei meghaladták a 97%-os csökkenést is pH=4 esetén.

**Centrifugálás:** Egylépcsős kezelési eljárásként centrifugálási hatékonyságokat is meghatároztunk, a működtetési paraméterek (fordulatszám: 1000 és 5000 rpm; és az időtartam: 1,5 és 10 perc) változtatása mellett. A vizsgált három különböző típusú tejipari szennyvíz közül a sovány tejpóros szennyvíz adódott a legkevésbé stabilnak. A zavarosság csökkentésre vonatkoztatott centrifugálási hatékonyság értékei ennél a mintánál voltak a legalacsonyabbak. Sőt a kémiai oxigénigényre vonatkoztatott csökkenés mértéke a centrifugálás hatására itt volt a legkisebb (körülbelül 36% a többi minta átlagos 56%-ához képest). 5000 rpm fordulatszámot és 10 perc centrifugálási időt választva vizsgáltuk a pH hatását is a zavarosság és a szerves anyag tartalom csökkenésére vonatkozóan. A legjelentősebb változást a zavarossági értékek esetén tapasztaltuk, ami pH=4-nél majdnem 100%-os csökkentést jelentett.

**Ultraszűrés:** Munkánk során teszteltünk egy másik membránseparációs eljárást, az ultraszűrést is, annak érdekében, hogy az egylépcsős ultraszűrősekről, mint kontrol értékekről is információt kapjunk és a későbbiekben a kétféle kezeléssel össze tudjuk hasonlítani. Az ultraszűrőket különböző pH értékeken (pH=4; 6; 8) végeztük. Azt tapasztaltuk, hogy a vizsgált tartományban a pH=4 adódott a leghatékonyabbnak, mivel ez eredményezte a legnagyobb fluxusokat, valamint a legalacsonyabb teljes ellenállási értékek kialakulását is (1. ábra).





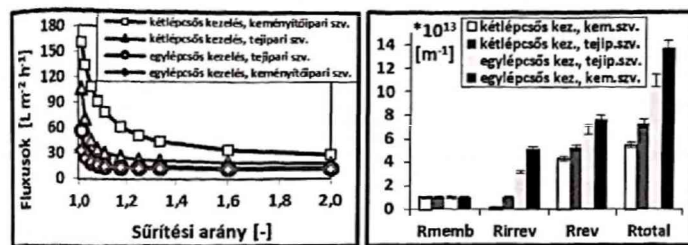
1. ábra. A fluxusok (1) és az ellenállási értékek (2) változása a pH függvényében (10 kDa UF membrán; n = 450 rpm, TMP = 0,35 MPa; T = 25°C).

Figure 1. Effect of pH on flux (1) and resistance values (2) (10 kDa UF membrane; n = 450 rpm, TMP = 0.35 MPa; T = 25°C).

Az ultraszűrések kezdetekor minden esetben jelentős fluxuscsökkenést tapasztaltunk, ami a gyorsan kialakuló membrán eltömődésnek és a koncentráció polarizáció jelenségének tudható be.

**Biológiai kezelés:** Az aerob körülmények között végzett egylépcsős biológiai kezeléseknél a beoltás utáni kezdeti 'lag' fázist követően is jelentős változásokat tapasztaltunk. A keményítőipari szennyvíz reaktorát a 14. napon állítottuk le, mivel a szerves anyag csökkenése ekkor már jelentős, 99,55 %-os volt. A tejipari szennyvíz esetében azonban a kezeléseket tovább folytattuk, mert ekkor még 'csak' 66,8 %-os csökkenést mértünk. A 21. nap letelte után azonban a szerves anyagok mennyisége 2 g/L érték alá esett, így ezt a reaktort is leállítottuk (a kezdeti kontrollhoz képest ez 85,18 %-os csökkenés). A vizsgált két különböző típusú szennyvíz közül a keményítőipari szennyvíz hatékonyabban kezelhető ezzel az aerob eljárással.

Kétlépcsős kezelések vizsgálata: A kétlépcsős kezelések, azaz az aerob biológiai előkezeléseket követő ultraszűrések összehasonlítása során kiderült, hogy a kezdeti fluxusértékek magasabbnak adódtak, valamint a kétszeres sűrítési arány eléréséig folytatott ultraszűrések ideje is lényegesen rövidebbnek bizonyult, mint az egylépcsős kontroll ultraszűréseknél (2. ábra). Továbbá a kezdeti fluxusértékekben nagy különbségek adódtak, különösen a keményítőipari szennyvizek esetében. Az egylépcsős keményítőipari szennyvizek ultraszűrésénél a legkisebb kezdeti fluxus értéke 35 Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, míg a biológiai előkezelés után ennek több mint négy és fél szerese, azaz 160 Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>. A legmagasabb fluxusok, mind a tejipari, mind a keményítőipari szennyvizeknél, a biológiai aerob kezeléseknél a magasabb fluxusok elérése szempontjából sokkal hatékonyabbnak bizonyultak, mint az egylépcsős ultraszűrések.



2. ábra. A fluxusok (1) és az ellenállási értékek (2) változása a biológiai kezelése hatására (kétlépcsős) tejipari és keményítőipari szennyvizek ultraszűrésekor (10 kDa UF membrán; n = 450 rpm, TMP = 0,35 MPa; T = 25°C).

Figure 2. Effect of pH on flux (1) and resistance values (2) during dairy and starch wastewater ultrafiltration (10 kDa UF membrane; n = 450 rpm, TMP = 0.35 MPa; T = 25°C).

A membránok eltömődésére információt adó ellenállási értékeket ( $R_{memb}$ : membrán ellenállása;  $R_{irrev}$ : irreverzibilis ellenállás;  $R_{rev}$ : reverzibilis ellenállás;  $R_{total}$ : teljes ellenállás) vizsgálva kiderült, hogy a teljes ellenállásra vonatkozóan a nyers keményítőipari szennyvíz kezelése során több mint kétszer akkora értéket kaptunk, mint a biológiailag előkezelt minták esetében (2/b. ábra). (Ez a tendencia a tejipari szennyvizek ultraszűrésénél is megfigyelhető volt, bár lényegesen kisebb eltéréssel.) Ezen eredmények ismét a biológiai előkezelés hatékonyságát támasztják alá.

A membránok szerves anyag tartalomra vonatkozó visszatartására a kétlépcsős (aerob/UF) kezeléseknél 98% fölötti membrán visszatartási értékeket értünk el. Az összes oldott szilárd anyag tartalomra vonatkozóan maximum 50%, a zavarosságra vonatkozóan visszatartási értékek átlaga pedig 99%-nak adódott. (Ezekben a paraméterekben döntően nem volt lényeges eltérés a különböző kezeléseket illetően, ami azt jelenti, hogy az oldhatatlan anyagtartalom már az első lépcsőben is jelentős mértékben lecsökkent mindkét típusú vizsgálandó szennyvíz esetében.)

### Összefoglalás

Munkánk során megállapítottuk, hogy a tejipari és keményítőipari szennyvizek kétlépcsős kezelése, és a biológiai előkezeléseket követő membránszűrések hatékony és járható útnak bizonyulhatnak a különböző szennyvizek tisztításában. Hiszünk abban, hogy a tárgyalt kombinált eljárások további fejlesztése után sikeres kezelések érhetők el. Ennek érdekében további típusú szennyvizek és membránok vizsgálatát célozzuk meg az eltávolítási hatékonyság javítása érdekében.

**Kulcsszavak:** szennyvíztisztítás, mikroszűrés, ultraszűrés, előkezelés, aerob kezelés

### Köszönetnyilvánítás

A TÉT\_16-1-2016-0138 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Kétoldalú Tudományos és Technológiai (TÉT) Együttműködés támogatása (TÉT\_16) pályázati program finanszírozásában valósult

meg. A kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A szerzők köszönetet mondanak továbbá az NKFIH/OTKA K-115691 program pénzügyi támogatásának.

## Irodalom

- Ali A. H. – Jasem N.A. – Attia H.G.: 2012. The use of Anaerobic Digestion Process in the Treatment of Dairy Wastewater by Microorganisms Derived from Sewage Wasted Sludge. *Journal of Engineering and Development*. 16.: 181–194.
- Gao W. – Liang H. – Ma J. – Han M. – Chen Z. – Han Z.S. – Li G.: 2011. Membrane fouling control in ultrafiltration technology for drinking water production: A review. *Desalination*. 272.: 1-8.
- Leiknes T.: 2009. The effect of coupling coagulation and flocculation with membrane filtration in watertreatment: A review. *Journal of Environmental Sciences*. 21.: 8–12.
- Luo J. – Ding L. – Qi B. – Jaffrin M.Y. – Wan Y.: 2011. A two-stage ultrafiltration and nanofiltration process for recycling dairy wastewater. *Bioresource Technology*. 102.: 7437-7442.
- Turano E. – Curcio S. – Paola M.G.D. – Calabrò V. – Iorio G.: 2002. An integrated centrifugation-ultrafiltration system in the treatment of olive mill wastewater. *Journal of Membrane Science*. 209.: 519–531.
- Öllös G.: 2006. Természetes és antropogén szerves anyagok, Közlekedési Dokumentációs Kft. 245-277.

## Study of biological and two-step pretreatments in membrane separation

### Abstract

Different industries produce enormous amounts of wastewater. Among the industrial wastewater in Hungary, food wastewaters have the highest organic content, which is necessary to reduce effectively before releasing to living water or drain due to the restrict requirements and threshold limits. To reach this proposes an optimal solution has been the membrane separation process which has become popular in recent times. However, the membrane filtration techniques have many advantages, membrane fouling is still the main disadvantage for their widespread application.

Therefore, in this work, different methods were investigated as possible pre-treatment techniques before membrane filtration, such as microfiltration, sedimentation, centrifugation and aerobic biological treatments of food: dairy and starch wastewaters, in order to decrease the membrane fouling in the separation step. On one hand, the intensification of the operating parameters of one step treatment method was examined. On the other hand, the scope of our work was to reduce the environmental load of the tested wastewater and to determine one or two-step methods are better in terms of handling. For this reason permeate flux, membrane rejection (by turbidity; conductivity; total dissolved solids, *TDS*; chemical organic content, *COD*) and membrane resistances of the micro- and ultrafiltration were calculated and compared. Different initial wastewater pH were also tested on the membrane filtration efficiencies.

**Keywords:** wastewater treatment, microfiltration, ultrafiltration, pretreatment, aerobic biological treatment